

# การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. สำหรับการอนุบาลลูกกุ้ง

## Study on storage duration of *Thalassiosira* sp. for shrimp larviculture

อัชฌา ป่านแก้ว<sup>1</sup>, สรวิต เพ้าทองสุข<sup>2,3</sup>, วรณวิมล คล้ายประดิษฐ์<sup>4</sup> และ จินตนา สและน้อย<sup>1\*</sup>

Atcha Pankaew<sup>1</sup>, Sorawit Powtongsook<sup>2,3</sup>, Wanwimol Klaypradit<sup>4</sup> and Jintana Salaenoi<sup>1\*</sup>

**บทคัดย่อ:** การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. เข้มข้น ซึ่งได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการกรองแบบแบ่งส่วนและการตกตะกอนด้วยสารส้ม โดยตรวจสอบคุณภาพทุก 2 สัปดาห์พบว่า *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวจากการกรองมีอัตราการลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ขณะที่การเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนแล้วเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 2 มีอัตราการรอด 82.7 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับสัปดาห์ที่ 0 ปริมาณจุลินทรีย์รวมที่พบในตัวอย่างจากการกรองและการตกตะกอนมีค่าอยู่ในช่วง  $1.6 \times 10^5$ - $2.0 \times 10^6$  CFU/ml และ  $2.8 \times 10^4$ - $7.0 \times 10^6$  CFU/ml ตามลำดับ การนำ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวและเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีดมาเพาะขยายอีกครั้ง พบว่าสามารถเพาะขยายได้เมื่อเก็บรักษาเซลล์ไว้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ การเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนสามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ไว้เป็นอาหารลูกกุ้งได้นาน 6 สัปดาห์ โดยลูกกุ้งมีอัตราการรอดเฉลี่ย 78.0 % ขณะที่การกรองสามารถเก็บรักษาเพื่อใช้เป็นอาหารลูกกุ้งได้ในช่วงสัปดาห์แรก เมื่อลูกกุ้งกิน *Thalassiosira* sp. เข้มข้นที่เก็บรักษาไว้น้อยกว่า 2 สัปดาห์ จะส่งผลให้อัตราการรอดและความยาวของลูกกุ้งลดลงแตกต่างจากลูกกุ้งที่ได้รับอาหารปกติ อย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ )

**คำสำคัญ:** *Thalassiosira* sp., การเก็บรักษา, อาหาร, ลูกกุ้ง

**ABSTRACT:** Storage duration of *Thalassiosira* sp. paste harvested from partial filtration and flocculation with alum was determined every two weeks. Survival rate of *Thalassiosira* sp. harvested from filtration decreased after two weeks of storage while that of samples harvested from flocculation was 82.7%, which was not significantly different ( $P > 0.05$ ) from the control. The total plate counts of samples from filtration and flocculation were in the range of  $1.6 \times 10^5$ - $2.0 \times 10^6$  and  $2.8 \times 10^4$ - $7.0 \times 10^6$  CFU/ml, respectively. *Thalassiosira* sp. which were harvested and stored at 4°C in the dark for more than two weeks should not be used for scale-up culture since this will affect the quality of samples. *Thalassiosira* sp. harvested by flocculation could be preserved for six weeks and used as food for shrimp larvae, resulting in a larval survival rate of 78.0 %. On the other hand, *Thalassiosira* sp. harvested by filtration could be used as shrimp food during the first week of storage only. *Thalassiosira* sp. stored for at least two weeks will affect shrimp larval survival rate and length, which both decreased significantly ( $P < 0.05$ ) compared to that of shrimp larvae fed with fresh phytoplankton.

**Keywords:** *Thalassiosira* sp., storage, food, shrimp larvae

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม. 10900

Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

<sup>2</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม. 10330

Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

<sup>3</sup> ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ปทุมธานี 12120  
National Center for Genetic Engineering and Biotechnology, Pathum Thani 12120

<sup>4</sup> ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กทม. 10900

Department of Fisheries Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok 10900

\* Corresponding Author: ffsjid@ku.ac.th

## บทนำ

ธุรกิจโรงเพาะฟักและอนุบาลลูกกุ้งวัยอ่อนสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ถึง 2,330 ล้านบาทจากมูลค่าเพิ่มที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นของห่วงโซ่มูลค่าเพิ่มปี พ.ศ. 2549 (กรมประมง, 2549) ซึ่งการเพาะเลี้ยงลูกกุ้งทะเลให้ประสบผลสำเร็จและสร้างรายได้ให้เกษตรกร มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ได้แก่ อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งจะต้องตรวจสอบว่าเพียงพอต่อความต้องการของลูกกุ้งหรือไม่ และลูกกุ้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่เพียงใด อาหารที่มีชีวิตชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการอนุบาลสัตว์ทะเลคือ *Thalassiosira* sp. (Brown et al., 1997) ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในกลุ่มเซนทริคไดอะตอม มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ (ลัดดา, 2544) มีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะใช้อนุบาลลูกกุ้งและลูกหอยได้ อาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งนิยมให้อาหารที่มีชีวิต เช่น *Chaetoceros*, *Skeletonema* และ *Tetraselmis* (ชลอ, 2547) โรติเฟอร์ (*Brachionus* sp.) อาร์ทีเมีย (*Artemia salina*) และไรน้ำกร่อย (*Diaphanosoma celebensis* Stingelin) (พรเทพ, 2546) อาหารมีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (HUFA) สูง ซึ่งพบว่า HUFA มีผลต่อการทนต่อความเครียด (ปกป้อง, 2543) สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอด (ทริกา, 2543) เป็นแหล่งของรงควัตถุ (สกล และคณะ, 2547) บางชนิดมีคุณสมบัติยับยั้งโรคไวรัสตัวแดงดวงขาว (วารุณี และคณะ, 2547) และยับยั้งการเจริญของ *Vibrio harveyi* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเรืองแสงในกุ้ง (อรพิน, 2546) ซึ่งกรดไขมันที่จำเป็นนี้ร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จำเป็นต้องได้มาจากแหล่งอื่น สำหรับการคัดเลือกชนิดแพลงก์ตอนพืชที่นำมาใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน นอกจากมีคุณค่าทาง

โภชนาการสูงแล้ว สิ่งที่ต้องคำนึงถึงควบคู่กันไปด้วยคือ สัตว์น้ำสามารถย่อยและนำสารอาหารไปใช้ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตามการผลิต *Thalassiosira* sp. ยังมีข้อจำกัดทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งมีต้นทุนในการผลิตสูง ไม่สะดวกในการจัดเตรียมการเก็บรักษา และการนำไปใช้ จึงมักประสบปัญหาอาหารไม่เพียงพอ เนื่องจากไม่สามารถเตรียมอาหารล่วงหน้าเก็บไว้ได้นาน เมื่อถึงเวลาที่ต้องเตรียมอาหารก็มีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตไม่ดีและมีปริมาณไม่เพียงพอต่อจำนวนลูกกุ้ง ในทางกลับกันเมื่อสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณเกินความต้องการ ก็ไม่สามารถเก็บไว้ได้ สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ที่ผลิตได้มากเกินความต้องการ ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์พร้อมนำไปเพาะขยาย และสามารถนำไปเป็นอาหารมีชีวิตสำหรับลูกกุ้งทะเลวัยอ่อนได้

## วิธีการศึกษา

### การเพาะขยาย *Thalassiosira* sp.

หัวเชื้อ *Thalassiosira* sp. ได้รับอนุเคราะห์จากศูนย์ปรับปรุงพันธุ์กรรมกุ้ง บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหารจำกัด (มหาชน) โดยนำหัวเชื้อมาเพาะขยายในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 ด้วยอาหารสูตร L1 medium (Guillard and Hargraves, 1993) ที่ระดับ 10 มล. เป็นเวลา 7-10 วัน และที่ระดับ 200 มล. เป็นเวลา 3-5 วัน ให้ *Thalassiosira* sp. สัมผัสแสงไฟที่ความเข้มแสงประมาณ 3,000 ลักซ์ ตลอดเวลาโดยไม่มีการให้อากาศจากเครื่องให้อากาศแต่ใช้การเขย่าภาชนะเพื่อให้ *Thalassiosira* sp. ได้รับ  $O_2$  ที่ได้จากการสังเคราะห์แสง ภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิที่  $28 \pm 2$  °ซ. จากนั้นนำหัวเชื้อที่ได้ไปขยายต่อในระดับ

1 ลิตร โดยเตรียม *Thalassiosira* sp. ให้มีปริมาณมากพอสำหรับการทดลอง แล้วให้อากาศด้วยเครื่องให้อากาศรวมกับการสัมผัสแสงไฟตลอด 24 ชม.

### การเก็บเกี่ยว *Thalassiosira* sp.

เก็บเกี่ยว *Thalassiosira* sp. จาก 2 วิธีการ คือ วิธีการกรองแบบแบ่งส่วน (Filtration harvest) และวิธีการตกตะกอนด้วยสารส้มที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 45 นาที (Alum harvest)

### การเก็บรักษา *Thalassiosira* sp.

นำแพลงก์ตอนเข้มข้นที่เก็บเกี่ยวได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ. ในที่มืดในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553

### ติดตามระยะการเก็บรักษา

การตรวจคุณภาพของแพลงก์ตอนโดยทำการสุ่มตัวอย่างทุก 2 สัปดาห์นาน 10 สัปดาห์หรือมากกว่าเพื่อหาระยะเวลาที่ *Thalassiosira* sp. ไม่อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับการอนุบาลลูกกุ้ง มาตรวจสอบคุณภาพโดย การหาอัตราการรอดของเซลล์โดยการนับเซลล์โดยตรงตามวิธีการของ Harrison (1988) ด้วยกล้องจุลทรรศน์และใช้ Evan's blue ในการย้อมสีเซลล์ แล้วคำนวณอัตราการรอดของเซลล์เป็นเปอร์เซ็นต์การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวม (Total Plate Count) ใน *Thalassiosira* sp. เข้มข้นที่เก็บรักษาไว้ในช่วง 10 สัปดาห์ โดยใช้อาหาร TSA (Tryptic Soy Agar) ในการตรวจสอบ การนำ *Thalassiosira* sp. เข้มข้นจากการเก็บรักษา มาเพาะขยายที่ระดับ 1 ลิตรด้วยอาหารสูตร L1 medium นาน 1 สัปดาห์ โดยให้อากาศและสัมผัสแสงตลอดเวลาภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิที่  $28 \pm 2$  °ซ. โดยนำผลความหนาแน่นของเซลล์ *Thalassiosira* sp. มาเขียนกราฟการเจริญเติบโตเปรียบเทียบกับ *Thalassiosira* sp. ที่เพาะขยายขึ้นใหม่ ทำการประเมินอัตราการเจริญจำเพาะรวมถึงช่วงเวลาของแต่ละระยะการเจริญ และการใช้

*Thalassiosira* sp. เป็นอาหารลูกกุ้ง โดยอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ตั้งแต่ระยะนอเพลีสในขวดโหลที่บรรจุน้ำทะเลความเค็ม 30 ส่วนในพัน ปริมาตร 0.5 ลิตร ที่ความหนาแน่น 100 ตัวต่อลิตร ทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ ควบคุมอุณหภูมิที่  $30 \pm 1$  °ซ. ให้อากาศตลอดเวลา และให้ *Thalassiosira* sp. เข้มข้น ที่ความหนาแน่น 10,000 เซลล์/มล. ทุก 4 ชม. เพื่อให้มีปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพียงพอต่อการบริโภคของลูกกุ้งในแต่ละหน่วยทดลอง บันทึกอัตราการรอดพร้อมทั้งวัดความยาวของลูกกุ้งระยะไมซีสที่บริโภค *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษาหลังจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธี ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ในการอนุบาลลูกกุ้ง

### การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการรอดและปริมาณจุลินทรีย์รวม ของแพลงก์ตอนพืชที่เก็บรักษาจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีที่ระยะเวลาแตกต่างกัน รวมทั้งอัตราการรอดและความยาวของลูกกุ้งเมื่อถึงระยะไมซีสที่บริโภค *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษาหลังจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีที่ระยะเวลาแตกต่างกัน โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ร่วมกับวิธี Tamhane's T2 Test

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### อัตราการรอดของ *Thalassiosira* sp.

การหาอัตราการรอดจากการเก็บเกี่ยวเซลล์ *Thalassiosira* sp. โดยวิธีการกรองแบบแบ่งส่วนและการตกตะกอนด้วยสารส้ม มีผลให้อัตราการรอดเมื่อเริ่มต้น (สัปดาห์ที่ 0) เท่ากับ  $87.59 \pm 1.56$  % และ  $82.30 \pm 2.97$  % ตามลำดับ (Table 1) เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า การเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธี มีอัตราการรอดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่

มีความแตกต่างจากอัตราการรอดของ *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ได้ผ่านการเก็บเกี่ยว ( $94.83 \pm 4.82$  %) เมื่อนำ *Thalassiosira* sp. เข้มข้นมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการกรองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 มีอัตราการลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) 3 ระดับคือ อัตรารอดในสัปดาห์ที่ 0 แตกต่างจากสัปดาห์ที่ 2 และในสัปดาห์ที่ 2 มีอัตราการรอดแตกต่างจากสัปดาห์ที่ 4 ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 6 มีอัตราการรอดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) และไม่พบเซลล์ที่รอดชีวิตเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 8 ขณะที่การตกตะกอนด้วยสารส้มที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 45 นาที พบว่า *Thalassiosira* sp. หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด มีอัตราการรอดในสัปดาห์ที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) จากอัตราการรอดของแพลงก์ตอนในสัปดาห์ที่ 0 อัตราการรอดเริ่มลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ตามระยะเวลาในการเก็บรักษาจนไม่พบเซลล์ที่มีอัตราการรอดในสัปดาห์ที่ 8 ซึ่งผลการทดลองที่ได้แตกต่างจากการเก็บรักษา *Chaetoceros* sp. (นิริวดี, 2543) ซึ่งพบเซลล์ที่มีอัตราการรอด  $94.68 \pm 0.86$  % เมื่อเก็บไว้นาน 6 สัปดาห์ และลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาจนไม่พบเซลล์ที่มีอัตราการรอดในสัปดาห์ที่ 18 อาจเป็นเพราะว่า *Chaetoceros* sp. มีความยาว 8-12 ไมครอน ความกว้าง 7-10 ไมครอน (ลัดดา, 2543)

ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า *Thalassiosira* sp. ที่ใช้ในการทดลอง ที่มีความยาว 10-15 ไมครอน ความกว้าง 6-10 ไมครอน จึงสามารถทนต่อแรงดันจากภายนอกได้ดีกว่าทำให้เซลล์แพลงก์ตอนไม่เสียหายและเก็บรักษาได้นาน ขณะที่ *Thalassiosira* sp. อาจเกิดการบอบช้ำระหว่างการเก็บเกี่ยวทำให้เซลล์แพลงก์ตอนที่นำไปเก็บรักษามีอายุสั้น

วิธีการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีนี้สามารถนำไปใช้ในฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้ โดยมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน วิธีการกรองแบบแบ่งส่วน มีความสามารถในการขจัดน้ำได้เร็วเมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการตกตะกอน เนื่องจากการกรองสามารถแยกน้ำออกได้โดยเฉลี่ย  $23.96 \pm 4.73$  ลิตร ต่อ 15 นาที แต่ถึงแม้ว่าวิธีการกรองแบบแบ่งส่วนนี้จะมีคุณสมบัติในการลดความดันในชุดกรอง แต่สิ่งที่จะต้องระมัดระวังสำหรับการกรองนี้คือ แรงดันที่ใช้ในการสูบแพลงก์ตอนเข้าไปยังชุดกรองยังมีผลให้เซลล์แพลงก์ตอนบอบช้ำ จึงเหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อใช้ในการอนุบาลสัตว์น้ำที่เลี้ยงภายในครอปเดียวกัน สำหรับการเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนด้วยสารส้มสามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด ได้นาน 2 สัปดาห์โดยมีคุณภาพเซลล์ไม่แตกต่างจากแพลงก์ตอนหลังการเก็บเกี่ยวในสัปดาห์ที่ 0

**Table 1** Survival rates of *Thalassiosira* sp. harvested by 2 method at various storage duration in the dark (4°C)

| Storage duration | Survival rate of <i>Thalassiosira</i> sp. (%) |       |      |              |      |      |
|------------------|-----------------------------------------------|-------|------|--------------|------|------|
|                  | Filtration harvest                            |       |      | Alum harvest |      |      |
|                  | Mean                                          | SD    | SE   | Mean         | SD   | SE   |
| 0                | 87.59 a                                       | 1.56  | 0.90 | 82.30 A      | 2.97 | 1.72 |
| 2                | 79.96 b                                       | 0.82  | 0.47 | 82.76 A      | 0.87 | 0.50 |
| 4                | 29.20 c                                       | 6.56  | 3.79 | 43.39 B      | 4.08 | 2.35 |
| 6                | 26.70 c                                       | 12.30 | 7.10 | 34.23 C      | 2.50 | 1.44 |
| 8                | 0 d                                           | 0.00  | 0.00 | 0 D          | 0.00 | 0.00 |

Difference english alphabet in the same column showed statistically different at  $P < 0.05$

**Table 2** Total plate count in *Thalassiosira* sp. paste after harvested and stored at 4°C in the dark

| Storage duration | The total bacteria of <i>Thalassiosira</i> sp. (CFU/ml) |                        |                       |                          |                        |                       |
|------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
|                  | Filtration harvest                                      |                        |                       | Alum harvest             |                        |                       |
|                  | Mean                                                    | SD                     | SE                    | Mean                     | SD                     | SE                    |
| 0                | 1.90 x 10 <sup>6</sup> a                                | 1.76 x 10 <sup>5</sup> | 1.0 x 10 <sup>5</sup> | 3.20 x 10 <sup>5</sup> C | 1.20 x 10 <sup>5</sup> | 6.9 x 10 <sup>4</sup> |
| 2                | 2.03 x 10 <sup>6</sup> a                                | 1.82 x 10 <sup>5</sup> | 1.1 x 10 <sup>5</sup> | 7.09 x 10 <sup>6</sup> A | 8.56 x 10 <sup>5</sup> | 4.9 x 10 <sup>5</sup> |
| 4                | 1.77 x 10 <sup>5</sup> c                                | 7.51 x 10 <sup>4</sup> | 4.3 x 10 <sup>4</sup> | 2.83 x 10 <sup>4</sup> C | 7.64 x 10 <sup>3</sup> | 4.4 x 10 <sup>3</sup> |
| 6                | 1.13 x 10 <sup>6</sup> b                                | 1.54 x 10 <sup>5</sup> | 8.9 x 10 <sup>4</sup> | 3.01 x 10 <sup>6</sup> B | 1.59 x 10 <sup>6</sup> | 9.2 x 10 <sup>5</sup> |
| 8                | 2.20 x 10 <sup>5</sup> c                                | 1.57 x 10 <sup>5</sup> | 9.1 x 10 <sup>4</sup> | 3.33 x 10 <sup>5</sup> C | 2.08 x 10 <sup>5</sup> | 1.2 x 10 <sup>5</sup> |
| 10               | 1.63 x 10 <sup>5</sup> c                                | 5.69 x 10 <sup>4</sup> | 3.3 x 10 <sup>4</sup> | 4.03 x 10 <sup>6</sup> B | 2.17 x 10 <sup>6</sup> | 1.3 x 10 <sup>6</sup> |

Difference english alphabet in the same column showed statistically different at  $P < 0.05$

### ปริมาณจุลินทรีย์รวม

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์รวมเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ผ่านการเก็บเกี่ยว และ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีการกรองและการตกตะกอนพบว่า มีปริมาณจุลินทรีย์รวม  $(5.16 \pm 3.14) \times 10^5$  และ  $(3.20 \pm 1.20) \times 10^5$  CFU/ml สำหรับ *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ผ่านการเก็บเกี่ยวและ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีการตกตะกอนตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) *Thalassiosira* sp. จากทั้ง 2 การทดลองนี้มีความแตกต่างกับ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวด้วยการกรองอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) โดยปริมาณจุลินทรีย์รวมในตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ในแต่ละสัปดาห์จากการเก็บเกี่ยวโดยการกรองมีความแตกต่างกัน 3 ระดับคือ สัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณจุลินทรีย์รวมสูงสุดคือ  $(1.90 \pm 0.17) \times 10^6$  และ  $(2.03 \pm 0.18) \times 10^6$  CFU/ml ตามลำดับ รองลงมาคือ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษาไว้ 6 สัปดาห์ และสัปดาห์ที่ 4 8 และ 10 มีปริมาณจุลินทรีย์รวมน้อยที่สุด ขณะที่การเก็บเกี่ยวด้วยการตกตะกอนพบว่าในสัปดาห์ที่ 2 6 และ 10 มีปริมาณจุลินทรีย์รวมมากที่สุดคือ  $(7.09 \pm 0.85) \times 10^6$ ,  $(3.01 \pm 1.59) \times 10^6$  และ  $(4.03 \pm 2.17) \times 10^6$  ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับ *Thalassiosira* sp. ในสัปดาห์ที่ 0 4 และ 8 (Table 2)

ปริมาณจุลินทรีย์รวมที่ตรวจพบได้จาก *Thalassiosira* sp. ในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีและการตรวจสอบ *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ผ่านการเก็บเกี่ยวพบว่าปริมาณจุลินทรีย์รวมอยู่ในช่วง  $10^4$ - $10^6$  CFU/ml โดยปริมาณจุลินทรีย์รวมที่ตรวจพบไม่ได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ซึ่งเห็นว่าการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด ไม่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ แต่ปริมาณจุลินทรีย์ที่ตรวจพบ คือจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่มีอยู่ใน *Thalassiosira* sp. ตั้งแต่แรก เมื่อมีการเก็บเกี่ยวซึ่งทำให้แพลงก์ตอนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจึงมีโอกาสตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์รวมได้สูงขึ้น แต่จุลินทรีย์เหล่านั้นไม่ได้ส่งผลกระทบต่อ *Thalassiosira* sp. และการอนุบาลลูกกุ้ง

### การนำ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บไว้มาเพาะขยายใหม่

การนำ *Thalassiosira* sp. ที่ผ่านการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษามาเพาะขยายอีกครั้ง พบว่าการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีสามารถนำกลับมาเพาะขยายใหม่ได้อีกครั้ง หลังจากการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด ในสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 2 จากเซลล์เริ่มต้นที่ความหนาแน่น  $1.92 \times 10^5$  เซลล์/มล. สามารถเพาะขยายและเพิ่มจำนวน *Thalassiosira* sp. ได้สูงสุดซึ่งมีค่า

เท่ากับ  $(1.21 \pm 0.13) \times 10^6$ ,  $(8.92 \pm 1.07) \times 10^5$  และ  $(4.92 \pm 0.20) \times 10^5$  เซลล์/มล. สำหรับ *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ผ่านการเก็บเกี่ยว การเก็บเกี่ยวด้วยการกรองแบบแบ่งส่วนและเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนด้วยสารส้ม ตามลำดับ (Table 3) เมื่อนำ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ มาเพาะขยายพบว่าสามารถเพิ่มจำนวนได้สูงสุดเท่ากับ  $(7.75 \pm 3.39) \times 10^5$  และ  $(4.67 \pm 0.75) \times 10^5$  เซลล์/มล. สำหรับการเก็บเกี่ยวด้วยการกรองและการตกตะกอนตามลำดับ (Table 4) โดยใช้ระยะเวลาในการเจริญจนถึงความหนาแน่นสูงสุดอยู่ในช่วง 2-8 วัน แตกต่างกันตามช่วงเวลาในระยะเวลาปรับตัว (Lag phase) และระยะคงที่ (Stationary phase) ซึ่งเกือบทุกตัวอย่างใช้ระยะเวลาในการปรับตัวน้อยกว่า 1 วัน ยกเว้น *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวโดยการกรองแล้วเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ พบว่า เซลล์เริ่มต้นความหนาแน่น  $1.92 \times 10^5$  เซลล์/มล. ซึ่งใช้ในการเพาะขยาย กำหนดไว้เท่ากันในแต่ละทรีทเมนต์ มีความหนาแน่นลดลงในวันที่ 1 เหลือเพียง  $(4.17 \pm 4.08) \times 10^3$  เซลล์/มล. แสดงว่าตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 1 แพลงก์ตอนพืชอยู่ในช่วงปรับตัวและมี *Thalassiosira* sp. จำนวนหนึ่งตาย (Figure 1) โดยปกติ แพลงก์ตอนพืชมีอัตราการเจริญสูงสุดในช่วง Log phase เมื่อถึงระยะ Stationary phase อัตราการเจริญจะลดลงแต่ยังมีการเพิ่มจำนวนอยู่ แต่อัตราการเจริญ

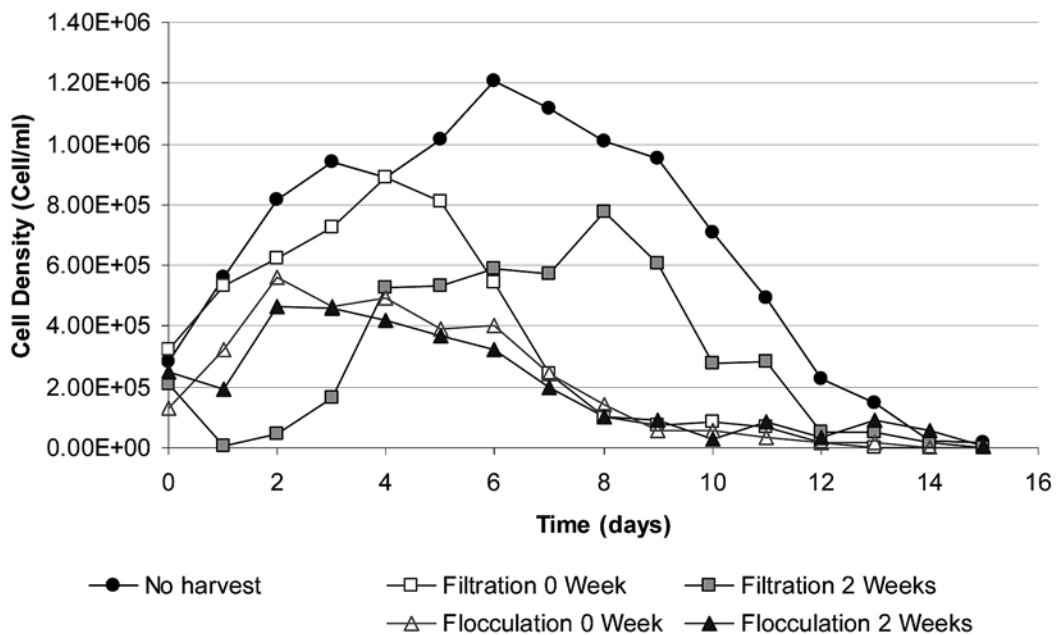
ในระยะนี้จะมีปริมาณใกล้เคียงกับอัตราการตาย จึงทำให้เซลล์แพลงก์ตอนที่นับได้มีจำนวนใกล้เคียงกัน รวมถึงระยะเวลาจากความหนาแน่นเริ่มต้นจนถึงความหนาแน่นสูงสุดก็สามารถชี้วัดได้ว่า ในระยะ Stationary phase มีอัตราการเจริญสูงกว่าการตายและสามารถคงอยู่ในระยะนี้ได้ยาวนาน จึงพบว่ายังมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น แม้ว่าไม่ได้อยู่ในช่วง Log phase แสดงว่าเซลล์แพลงก์ตอนที่เพาะขยายมีความแข็งแรงมีผลให้อัตราการตายต่ำซึ่งพบได้ในตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการเก็บเกี่ยวสังเกตจากช่วงเวลาในระยะ Stationary phase สำหรับค่าอัตราการเจริญจำเพาะ ( $\mu$ ) ในระยะ Log phase พบว่า *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวโดยการกรองแล้วเก็บรักษาไว้นาน 2 สัปดาห์ มีอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดคือ 1.5782 เซลล์/วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากหลังจากระยะปรับตัว *Thalassiosira* sp. มีความหนาแน่นน้อยเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของอาหารที่เติมลงไปซึ่งเท่ากันทุกตัวอย่าง ในทรีทเมนต์นี้จึงมีสัดส่วนระหว่างสารอาหารและจำนวนเซลล์แพลงก์ตอนสูง ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์ได้หลายครั้งจนถึงความหนาแน่นสูงสุดที่สามารถเพาะขยายได้ และเมื่อเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธี ที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีได้ไว้นานตั้งแต่ 4 สัปดาห์ เป็นต้นไป พบว่าไม่สามารถนำกลับมาเพาะขยายได้อีก

**Table 3** Parameters of *Thalassiosira* sp. re-cultures ability after harvested and stored for 0 week

| Parameters               | Harvest method                |                               |                               |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                          | No harvest                    | Filtration harvest            | Alum harvest                  |
| Max Density (cells/ml)   | $(1.21 \pm 0.13) \times 10^6$ | $(8.92 \pm 1.07) \times 10^5$ | $(4.92 \pm 0.20) \times 10^5$ |
| Max Period (days)        | 6                             | 4                             | 4                             |
| Lag Period (days)        | < 1                           | < 1                           | < 1                           |
| Log Period (days)        | 3                             | 3                             | 3                             |
| Stationary Period (days) | 6                             | 2                             | 3                             |
| $\mu$ (cells/day)        | 0.3983                        | 0.2566                        | 0.4340                        |

**Table 4** Parameters of *Thalassiosira* sp. re-cultures ability after harvested and stored for 2 weeks

| Parameters               | Harvest method                |                               |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                          | Filtration harvest            | Alum harvest                  |
| Max Density (cells/ml)   | $(7.75 \pm 3.39) \times 10^5$ | $(4.67 \pm 0.75) \times 10^5$ |
| Max Period (days)        | 8                             | 2                             |
| Lag Period (days)        | 1                             | < 1                           |
| Log Period (days)        | 3                             | 3                             |
| Stationary Period (days) | 5                             | 3                             |
| $\mu$ (cells/day)        | 1.5782                        | 0.2708                        |

**Figure 1** Growth curves of *Thalassiosira* sp. post harvested by 2 methods and storage at 4°C in the dark for 0 and 2

### การใช้ *Thalassiosira* sp. เป็นอาหารลูกกุ้ง

การอนุบาลลูกกุ้งกุลาดำด้วย *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวจากการกรองและการตกตะกอนมีอัตราการรอด  $83.33 \pm 10.26$  % และ  $85.00 \pm 4.36$  % ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับ *Thalassiosira* sp. ที่ยังไม่ผ่านการเก็บเกี่ยว ซึ่งลูกกุ้งมีอัตราการรอด  $85.33 \pm 12.06$  % (Table 5)

เมื่อนำ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวได้ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด พบว่า ลูกกุ้งกุลาดำที่กิน *Thalassiosira* sp. จากการเก็บเกี่ยวด้วยการกรองมีอัตราการรอดลดลงเหลือ  $28.67 \pm 1.15$  % ในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับลูกกุ้งที่กินแพลงก์ตอนในสัปดาห์ที่ 0 ขณะที่การเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนพบว่าลูกกุ้ง

ที่อนุบาลด้วย *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษาไว้นาน 6 สัปดาห์มีอัตราการรอด  $78.00 \pm 7.21\%$  ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับ *Thalassiosira* sp. ในสัปดาห์ที่ 0 แต่อัตราการรอดลูกกุ้งจะลดลงเมื่ออนุบาลด้วยแพลงก์ตอนที่เก็บไว้นานตั้งแต่ 8 สัปดาห์เป็นต้นไป เมื่อพิจารณาความยาวของลูกกุ้งในระยะไม่ซีดที่อนุบาลด้วย *Thalassiosira* sp. หลังจากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธีในสัปดาห์ที่ 0 พบว่ามีความยาว  $4.1 \pm 0.1$  และ  $4.2 \pm 0.2$  มม. สำหรับ

ลูกกุ้งกุลาดำที่กิน *Thalassiosira* sp. จากการกรองและจากการตกตะกอน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) กับ *Thalassiosira* sp. ที่ไม่ผ่านการเก็บเกี่ยว (Table 6) แต่มีความแตกต่างกันระหว่างลูกกุ้งที่กิน *Thalassiosira* sp. ซึ่งเก็บเกี่ยวโดยการกรองและเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์โดยมีความยาวเฉลี่ย  $2.5 \pm 0.1$  มม. ขณะที่การเก็บเกี่ยวด้วยการตกตะกอนมีผลให้ลูกกุ้งกุลาดำมีความยาวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษา

**Table 5** The survival rate of shrimp which fed *Thalassiosira* sp. after harvest and stored at 4°C in the dark

| Storage duration | The survival rate of shrimp (%) |       |      |              |      |      |
|------------------|---------------------------------|-------|------|--------------|------|------|
|                  | Filtration harvest              |       |      | Alum harvest |      |      |
|                  | Mean                            | SD    | SE   | Mean         | SD   | SE   |
| 0                | 83.33 a                         | 10.26 | 5.92 | 85.00 A      | 4.36 | 2.52 |
| 2                | 28.67 b                         | 1.15  | 0.66 | 76.00 A      | 5.29 | 3.06 |
| 4                | -                               | -     | -    | 72.67 A      | 3.06 | 1.76 |
| 6                | -                               | -     | -    | 78.00 A      | 7.21 | 4.16 |
| 8                | -                               | -     | -    | 29.33 B      | 1.15 | 0.67 |
| 10               | -                               | -     | -    | 20.67 B      | 3.06 | 1.76 |

Difference english alphabet in the same column showed statistically different at  $P < 0.05$

**Table 6** The length of shrimp mysis which fed *Thalassiosira* sp. after harvested and stored at 4°C in the dark

| Storage duration | The length of shrimp mysis (mm.) |     |     |              |     |     |
|------------------|----------------------------------|-----|-----|--------------|-----|-----|
|                  | Filtration harvest               |     |     | Alum harvest |     |     |
|                  | Mean                             | SD  | SE  | Mean         | SD  | SE  |
| 0                | 4.1 a                            | 0.1 | 0.1 | 4.2 A        | 0.2 | 0.1 |
| 2                | 2.5 b                            | 0.1 | 0.1 | 4.1 A        | 0.1 | 0.1 |
| 4                | -                                | -   | -   | 4.0 A        | 0.3 | 0.2 |
| 6                | -                                | -   | -   | 4.4 A        | 0.5 | 0.3 |
| 8                | -                                | -   | -   | 3.8 A        | 0.0 | 0.0 |
| 10               | -                                | -   | -   | 3.6 A        | 0.1 | 0.1 |

Difference english alphabet in the same column showed statistically different at  $P < 0.05$

## สรุป

ในการศึกษาระยะเวลาที่สามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. พบว่า จากการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการกรองสามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ได้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด ส่วนการเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนสามารถเก็บรักษาไว้ใช้เป็นอาหารลูกกุ้งได้นาน 6 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 4°C. ในที่มีด โดยอัตราอดของ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บรักษาไว้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 วิธี ลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ดังนั้นการนำมาเพาะขยายใหม่จึงทำได้ใน 2 สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไป จะไม่สามารถเพาะขยายใหม่ได้ สำหรับคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการกรองแบบแบ่งส่วนสามารถเก็บรักษาไว้ใช้สำหรับการอนุบาล ลูกกุ้งได้ในช่วงสัปดาห์แรก โดยลูกกุ้งจะมีการเจริญเติบโตเป็นปกติ หากลูกกุ้งได้รับ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บไว้นาน 2 สัปดาห์ จะส่งผลให้มีอัตราอดต่ำ และมีความยาวลำตัวน้อยกว่า กุ้งปกติ ขณะที่การเก็บเกี่ยว *Thalassiosira* sp. ด้วยวิธีการตกตะกอนสามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ไว้ใช้อนุบาลลูกกุ้งได้จนถึงสัปดาห์ที่ 6 โดยที่อัตราอดของลูกกุ้ง และขนาดลำตัวไม่แตกต่างจากลูกกุ้งที่ได้รับ *Thalassiosira* sp. ที่เพาะเลี้ยงขึ้นมาใหม่ แต่ประสิทธิภาพในการอนุบาลลูกกุ้งจะลดลงเมื่อเก็บ *Thalassiosira* sp. ไว้ 8 สัปดาห์

แต่อย่างไรก็ตาม การใช้สารส้มสำหรับช่วยในการตกตะกอนถือว่าการเพิ่มสารสังเคราะห์ลงในอาหาร โดยเฉพาะเป็นอาหารสำหรับสัตว์น้ำวัยอ่อน จึงควรคำนึงถึงความเข้มข้นที่เติมลงไป ต้องไม่มากเกินไปจนกระทั่งก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำได้อีกประการหนึ่ง สำหรับสัตว์น้ำที่มีการอนุบาลเพื่อนำมาบริโภค ควรมีการตรวจสอบติดตามสารตกค้างว่ามีปริมาณมากพอที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ร่างกายของผู้บริโภคหรือไม่

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และขอขอบคุณสถานีวิจัยประมงศรีราชา คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับสถานที่และเครื่องมือสำหรับการศึกษาวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2549. พื้นที่เลี้ยงและผลผลิตการเลี้ยงกุ้งทะเล ปี 2544-2549. กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- ชลอ ลัมสุวรรณ. 2547. แพลงก์ตอนกับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ (Section T) ปีที่ 3 (ฉบับพิเศษ 1): 7-10.
- ทาริกา ผาใต้. 2543. ผลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (ω-3HUFA) ต่ออัตราการเจริญเติบโตและอัตราอดของ กุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิริวดี ทุมวัน. 2543. ผลของวิธีการเก็บรักษาซีโดเซอรอสที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันอีพีเอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปกป้อง ชุ่มอยู่. 2543. ผลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (กลุ่มโอเมกา 3) ที่มีอัตราส่วนของกรด Eicosapentaenoic (EPA) และกรด Docosahexaenoic (DHA) ต่างกัน ต่อความเครียดและความต้านทานโรคของลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) โดยการให้ผ่านอาร์ทีเมีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรเทพ วิรัชวงศ์. 2546. การใช้ไร่น้ำกร่อย (*Diaphanosoma celebensis* Stingelin) อนุบาลลูกกุ้งกุลาดำระยะโพสต์ลาร์วา. น.3-9. ใน : เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2544. แพลงก์ตอนพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วารุณี หะยีมะสา, อนุชิต ชินาจริยวงศ์ และสถาพร ติเรกบุษราคม. 2547. ผลของสารสกัดจากสาหร่ายบางชนิดต่อการยับยั้งไวรัสตัวแดงดวงขาวในกุ้งกุลาดำ. น.283-288. ใน : เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่42:สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สกล ธนัฐเสถียร, ยุวารีย์ ดุลล่ายะแม, สถาพร ติเรกบุษราคม และอนุชิต ชินาจริยวงศ์. 2547. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับผลของการเสริมแพลงค์ตอนพืชในอาหารแม่กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) ต่อคุณลักษณะไข่ของแม่กุ้ง. น.124-131. ใน : เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 : สาขาประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรพิน คงภักดี. 2546. ผลของสารภายนอกเซลล์และสารภายในเซลล์จากสเกลิโตนีมา (*Skeletonema costatum*) ต่อแบคทีเรีย *Vibrio harveyi* และไวรัสตัวแดงดวงขาว (White spot syndrome virus) ในกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

Brown, M. R., S. W. Jeffrey, J. K. Volkman and G. A. Dunstan. 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151: 315-331.